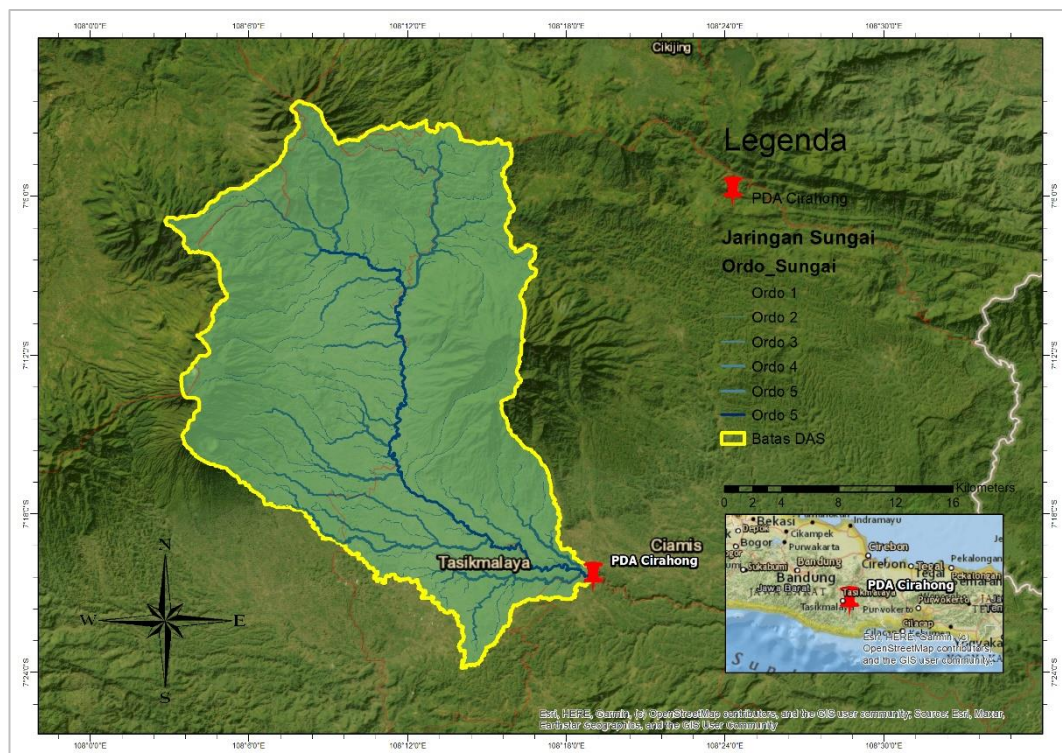


## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengambil Daerah Aliran Sungai (DAS) Citanduy sebagai titik tinjau tepatnya pada Sub DAS Citanduy Hulu. Sub DAS Citanduy hulu memiliki peran penting dalam mengatur sistem hidrologi di kawasan sekitarnya. Secara administratif Sub DAS Citanduy Hulu terletak di wilayah Kabupaten Tasikmalaya, Ciamis, Garut, Kuningan, dan Kota Tasikmalaya. Dan secara geografis terletak antara 7°7'-7°17' LS dan 108°4'-108°24' BT. Sub DAS Citanduy Hulu mempunyai dengan luas 74.800 ha dengan panjang 7,4 km dengan gradien 1,02% (Irawan dkk, 2020). Wilayah DAS ini berada di zona pegunungan dengan topografi yang beragam, mulai dari daratan rendah hingga daerah perbukitan dengan kemiringan curam (Arianto dkk, 2023). PDA Cirahong yang disajikan terletak pada koordinat 7°20'24,83" LS dan 108°19'1,26" BT yang berada di wilayah Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat disekitar sungai Citanduy. Detail lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.1 dengan lokasi PDA Cirahong disajikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Sub DAS Citanduy Hulu



Gambar 3.2 Lokasi *Outlet* PDA Cirahong

## 3.2 Teknik Pengumpulan Data

### 3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber pertama melalui observasi, wawancara, eksperimen, atau survei. Data ini diperoleh melalui metode seperti observasi, wawancara, atau kuesioner yang ditujukan langsung kepada responden atau objek penelitian (Supatno & Asih, 2017). Namun, dalam penelitian ini tidak dilakukan pengumpulan data primer, karena penelitian ini menggunakan data sekunder yang telah tersedia dari instansi terkait, seperti BBWS Citanduy, BMKG, dan lembaga hidrologi lainnya.

### 3.2.2 Data Sekunder

Jenis data yang digunakan dalam penelitian berupa data-data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung atau melalui pihak lain. Umumnya data sekunder diperoleh melalui rilis atau publikasi resmi (Rahman, 2021). Data sekunder pada penelitian ini meliputi:

1. Data Topografi

Data *Digital Elevation Model* (DEM) berfokus pada pengumpulan informasi yang relevan dengan karakteristik fisik permukaan pada Sub DAS Citanduy Hulu. Analisis hidrologi di Indonesia menggunakan *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS) yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) Data DEMNAS diolah kembali menggunakan perangkat lunak QGIS untuk menjadi dasar menentukan topografi dan batas DAS, jaringan sungai, dan analisis hidrologi lainnya.

2. Data Peta Stasiun Hujan

Peta ini menyediakan informasi mengenai lokasi-lokasi stasiun hujan yang digunakan untuk memantau curah hujan secara berkala di seluruh wilayah. Digunakan untuk analisis hidrologi, seperti perhitungan hujan rata-rata wilayah menggunakan metode Rerata Aritmatik, Poligon Thiessen, dan Isohyet.

3. Data Curah Hujan

Data ini mengukur jumlah air hujan yang jatuh pada suatu wilayah dan periode tertentu. Data dapat diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Citanduy untuk menghasilkan perhitungan banjir rancangan dan verifikasi terhadap metode hidrograf satuan yang digunakan.

4. Data *Automatic Water Level Recorder* (AWLR)

Data AWLR diperoleh dengan mengukur dan merekam tinggi muka air secara kontinu tanpa memerlukan pengamatan manual. Data AWLR diambil dari Stasiun AWLR yang terpasang di Sungai Citanduy melalui BBWS Citanduy.

5. Data Tutupan Lahan

Data tutupan lahan adalah informasi tentang jenis penggunaan atau penutupan permukaan bumi pada suatu wilayah. Badan Informasi Geospasial (BIG) menyediakan peta tutupan lahan Indonesia dengan resolusi tinggi yang dapat digunakan dalam analisis hidrologi.

6. Data Jenis Tanah

Data jenis tanah memengaruhi infiltrasi air hujan ke dalam tanah yang selanjutnya berpengaruh terhadap pembentukan limpasan permukaan

(*runoff*). Dalam penelitian ini, data jenis tanah diperoleh melalui *Food and Agriculture* (FAO) dan digunakan untuk menentukan kelompok hidrologi tanah (A, B, C, D) yang dibutuhkan dalam perhitungan nilai CN.

### 3.2.3 Alat dan Bahan Penelitian

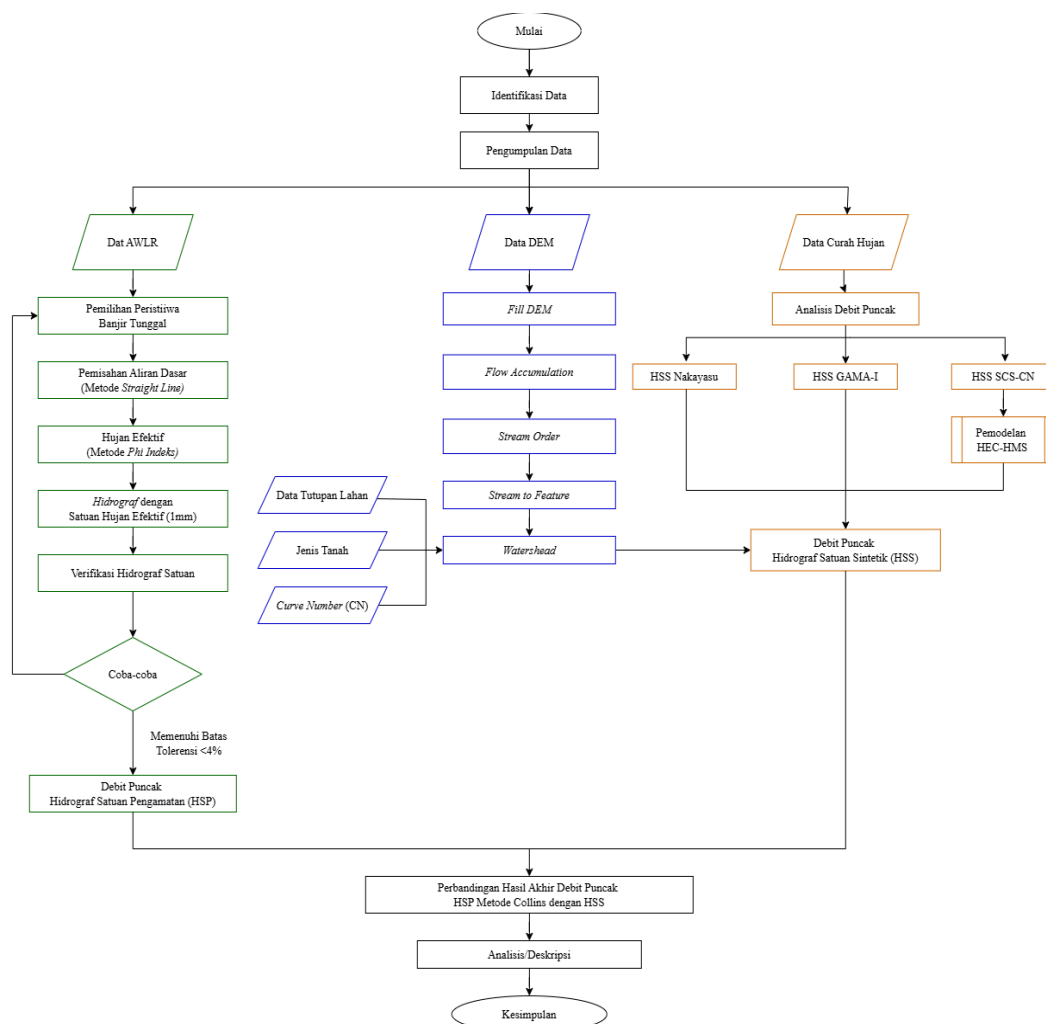
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, serta data hidrologi dan spasial. Berbagai alat dan bahan digunakan untuk memperoleh, mengolah, dan menganalisis data hidrologi serta hidrograf satuan yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

| Jenis                                  | Nama Alat                   | Kegunaan                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Perangkat keras<br>( <i>Hardware</i> ) | Laptop                      | Digunakan untuk pengolahan data, analisis hidrologi, dan pemodelan dengan perangkat lunak.                                                                                                            |
| Perangkat lunak                        | Microsoft Office            | Digunakan sebagai alat pengolahan data, analisis data, dan dokumentasi hasil penelitian. Terdapat beberapa aplikasi yang digunakan seperti Microsoft Word, Microsoft Excel, dan Microsoft PowerPoint. |
|                                        | Google Earth Pro            | Digunakan untuk membantu analisis spasial, verifikasi lokasi stasiun hujan, dan interpretasi topografi pada Sub DAS Citanduy Hulu.                                                                    |
|                                        | QGIS                        | Digunakan untuk mengolah data spasial seperti peta topografi, DEM, dan tutupan lahan Sub DAS Citanduy Hulu.                                                                                           |
|                                        | HEC-HMS                     | Digunakan untuk pemodelan hujan-aliran dan analisis hidrograf satuan sintetik Sub DAS Citanduy Hulu.                                                                                                  |
| Bahan Penelitian                       | Data spasial dan geospasial | Data yang dibutuhkan berupa peta topografi, DEM, peta tutupan lahan, dan peta stasiun hujan.                                                                                                          |

### 3.3 Analisis Data

Analisis data adalah langkah-langkah sistematis yang dilakukan untuk mengolah dan menganalisis data menjadi informasi yang relevan dan sesuai dengan tujuan penelitian. Data sekunder yang telah diperoleh kemudian diolah dan dianalisa sesuai dengan kebutuhannya. Masing-masing data berbeda dalam pengolahan dan analisisnya. Teknik pengolahan data pada penelitian ini mencakup proses pengumpulan, pengolahan, analisis, dan penyajian data yang berkaitan dengan hidrograf satuan, baik melalui metode pengamatan maupun sintetik untuk mendapatkan hasil yang akurat dan dapat dibandingkan. Adapun teknik pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup beberapa metode yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.3 *Flowchart* Penelitian

Keterangan:

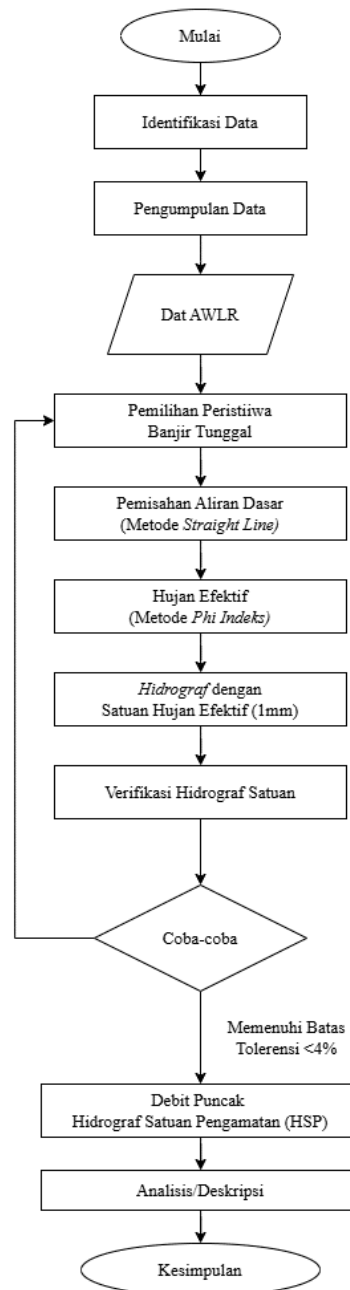
- = Analisis akan dijelaskan pada Gambar 3.11.
- = Analisis akan dijelaskan pada Gambar 3.4.
- = Analisis akan dijelaskan pada Gambar 3.12.

### 3.3.1 Analisis Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS)

Analisis Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah langkah penting dalam penelitian untuk memahami karakteristik dan hidrologi wilayah penelitian. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi aliran permukaan, proses hidrologi, dan potensi banjir pada Sub DAS Citanduy Hulu. Pengukuran parameter DAS merupakan langkah untuk memahami karakteristik pada Sub DAS Citanduy Hulu. Salah satu parameter utama yang diukur adalah batas dan luas DAS dengan menggunakan perangkat lunak QGIS dengan analisis aliran. Data DEM menjadi dasar dalam menentukan batas-batas DAS dengan menganalisis aliran air menuju *outlet* utama sungai.

Parameter lain yang dianalisis adalah panjang sungai utama dan kemiringan DAS. Panjang sungai utama mempengaruhi waktu aliran air dari titik hulu mencapai titik *outlet*. Panjang sungai ini memberikan informasi mengenai struktur aliran dan kemampuan sungai dalam mengalirkan air menuju hilir sungai. Kemiringan DAS dihitung untuk mengevaluasi karakteristik topografi wilayah. Kemiringan DAS tersebut diperoleh dengan membandingkan perbedaan elevasi antara titik hulu dan hilir dengan panjang sungai utama. Pada Sub DAS Citanduy Hulu, analisis kemiringan menjadi penting karena topografi yang cukup bervariasi.

Studi oleh Kaseke (2021) menunjukkan bahwa penggunaan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam analisis DAS meningkatkan keakuratan dalam identifikasi parameter DAS dan mengintegrasikan berbagai sumber data untuk menghasilkan model hidrologi yang andal. Pendekatan ini memberikan landasan ilmiah yang kuat untuk mendukung perencanaan mitigasi banjir dan pengelolaan DAS secara berkelanjutan. Hasil analisis DAS ini menjadi dasar dalam pembentukan hidrograf satuan, baik melalui HSS Metode Nakayasu, GAMA I, dan SCS-CN maupun HSP Metode Collins.



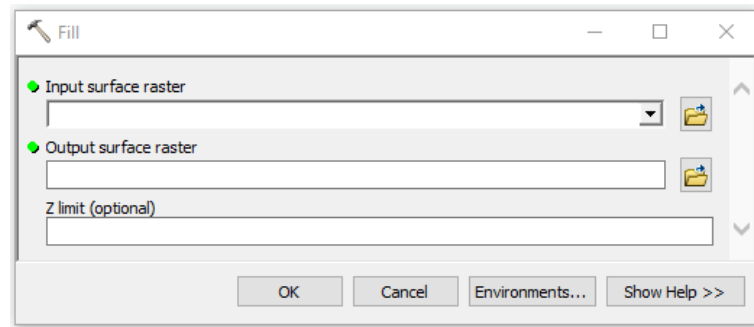
Gambar 3.4 *Flowchart* Analisis Karakteristik Sungai

Adapun tahapan dalam pemodelan karakteristik Sub DAS Citanduy Hulu menggunakan perangkat lunak QGIS adalah sebagai berikut:

#### 1. *Fill DEM*

Langkah pertama dalam analisis hidrologi menggunakan QGIS adalah mengisi depresi atau cekungan dalam data *Digital Elevation Model* (DEM) dengan menggunakan fungsi *Fill DEM*. Depresi dalam DEM adalah area dengan nilai elevasi lebih rendah dari sekelilingnya yang dapat

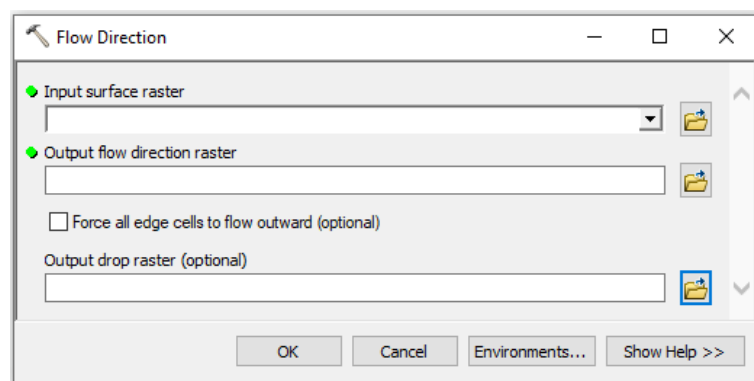
menyebabkan kesalahan dalam analisis aliran air, karena model dapat menganggapnya sebagai area tanpa keluaran aliran. Proses *Fill DEM* bertujuan untuk menghilangkan kesalahan ini dengan menaikkan elevasi titik-titik depresi agar air dapat mengalir sesuai dengan kenyataan di lapangan. Dengan demikian, hasil analisis aliran menjadi lebih akurat dan realistis.



Gambar 3.5 Tampilan *Fill DEM*

## 2. *Flow Direction*

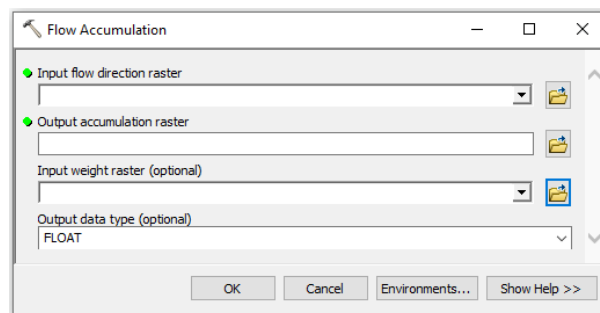
Setelah DEM dikoreksi dengan *Fill DEM*, langkah selanjutnya adalah menentukan arah aliran air menggunakan alat *Flow Direction*. Alat ini menghitung ke mana air akan mengalir dari setiap sel dalam raster berdasarkan perbedaan elevasi. Flow Direction bekerja dengan menggunakan metode D8 (*Deterministic Eight Neighbor*), di mana setiap sel dalam DEM memiliki delapan kemungkinan arah aliran (atas, bawah, kiri, kanan, dan diagonal). Hasil dari analisis ini adalah raster yang menunjukkan arah aliran dari setiap titik dalam DAS. Informasi ini menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut, seperti akumulasi aliran dan penentuan batas DAS.



Gambar 3.6 Tampilan *Flow Direction*

### 3. *Flow Accumulation*

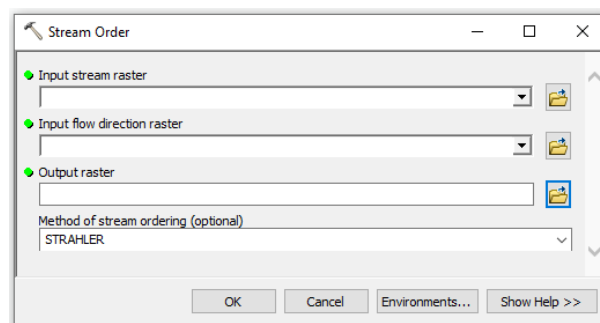
Komponen *Flow Accumulation* digunakan untuk menghitung jumlah sel yang berkontribusi terhadap aliran di setiap titik dalam model DEM. Alat ini mengakumulasi aliran dari seluruh area DAS berdasarkan hasil dari *Flow Direction*. Semakin besar nilai akumulasi di suatu titik, semakin besar jumlah air yang melewati titik tersebut. Peta hasil dari *Flow Accumulation* biasanya digunakan untuk mengidentifikasi jalur utama aliran air yang nantinya dapat diklasifikasikan menjadi sungai atau anak sungai. Nilai *threshold* atau ambang batas biasanya diterapkan untuk menentukan seberapa besar kontribusi aliran yang cukup signifikan untuk dianggap sebagai aliran sungai utama.



Gambar 3.7 Tampilan *Flow Accumulation*

### 4. *Stream Order*

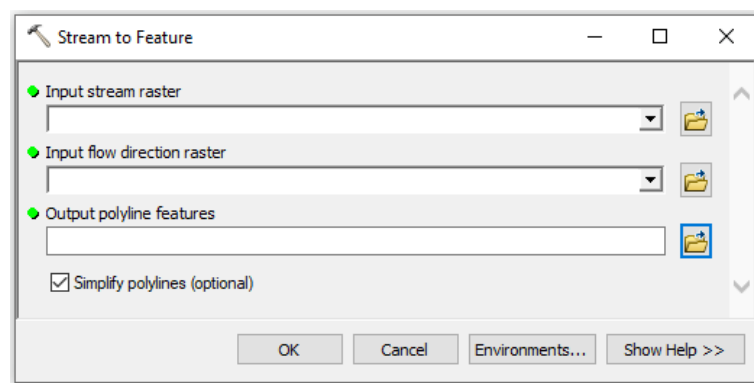
Setelah jalur aliran utama diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan tingkat hierarki atau urutan sungai menggunakan *Stream Order*. Metode yang umum digunakan dalam QGIS adalah *Strahler Stream Order*, di mana sungai dengan orde 1 adalah sungai kecil tanpa anak sungai, dan jika dua sungai orde 1 bertemu, mereka membentuk sungai orde 2. Proses ini berlanjut hingga membentuk jaringan sungai yang kompleks.



Gambar 3.8 Tampilan *Stream Order*

### 5. *Stream to Feature*

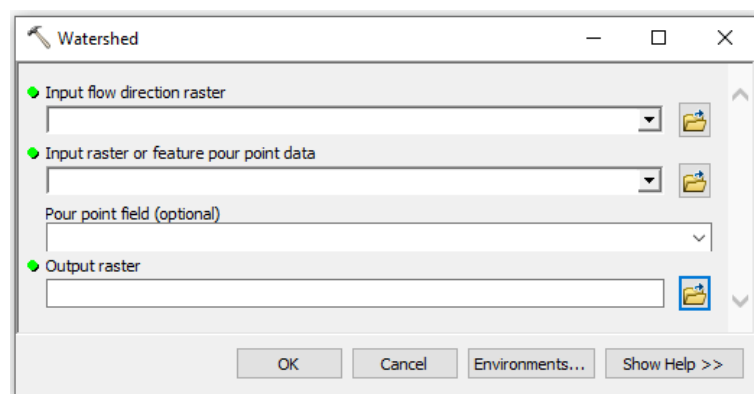
Setelah jaringan sungai diklasifikasikan berdasarkan *Stream Order*, langkah berikutnya adalah mengubah hasil analisis raster menjadi vektor menggunakan alat *Stream to Feature*. Alat ini mengkonversi jalur aliran yang berbentuk *grid raster* menjadi poligon atau garis vektor yang dapat digunakan dalam analisis spasial lainnya. Dengan mengubah data menjadi fitur vektor, sungai dapat dianalisis lebih lanjut, misalnya dalam perhitungan panjang sungai, pemetaan jalur aliran, atau integrasi dengan data geospasial lainnya, seperti penggunaan lahan dan tata guna lahan.



Gambar 3.9 Tampilan *Stream to Feature*

### 6. *Watershed*

Komponen terakhir dalam pemodelan hidrologi QGIS adalah menentukan batas daerah tangkapan air menggunakan alat *Watershed*. Alat ini bekerja dengan menggunakan data *Flow Direction* dan titik outlet (titik keluaran aliran) untuk mengidentifikasi seluruh area yang berkontribusi terhadap aliran air menuju titik tertentu. Hasil dari analisis *Watershed* adalah batas daerah tangkapan air yang dapat digunakan dalam studi hidrologi.

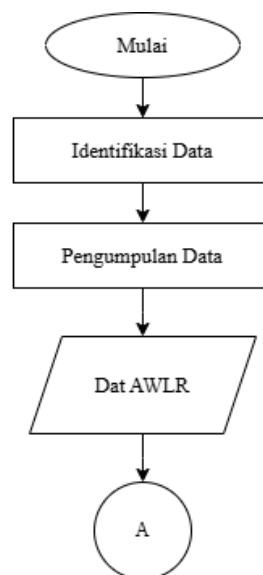


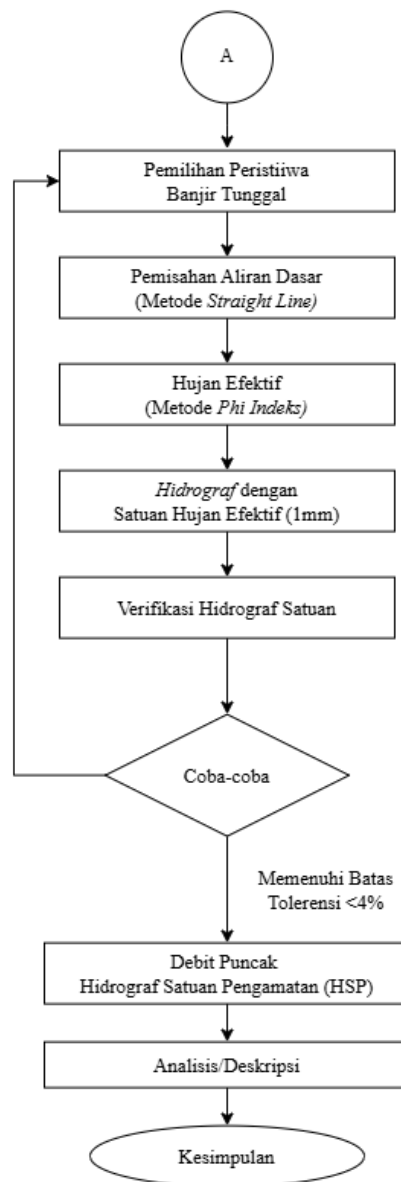
Gambar 3.10 Tampilan *Watershed*

### 3.3.2 Analisis Hidrograf Satuan Pengamatan (HSP)

Teknik pengolahan data dalam analisis Hidrograf Satuan Pengamatan (HSP) menggunakan Metode Collins melibatkan beberapa tahapan penting untuk memperoleh hidrograf satuan yang akurat berdasarkan data empiris. Langkah awal adalah pengumpulan data hujan dan debit aliran sungai yang terukur secara kontinu pada Sub DAS Citanduy Hulu. Data hujan yang digunakan untuk menentukan hujan efektif, yaitu bagian hujan yang berkontribusi langsung terhadap aliran permukaan (Hanifah & Saidah, 2006). Selanjutnya, data debit aliran dianalisis untuk memisahkan aliran dasar (*baseflow*) dari aliran langsung (*direct runoff*), sehingga diperoleh hidrograf limpasan langsung yang merepresentasikan respons DAS terhadap hujan efektif.

Langkah berikutnya dalam Metode Collins adalah pemisahan hidrograf limpasan langsung menjadi kontribusi aliran dari satu peristiwa hujan tunggal. Dalam banyak kasus, hujan pada DAS terjadi secara berturut-turut, menghasilkan hidrograf yang kompleks (Supatno & Asih, 2016). Tahap berikutnya adalah penentuan parameter hidrograf satuan, seperti debit puncak ( $Q_p$ ), waktu menuju puncak ( $T_p$ ), dan waktu dasar ( $T_b$ ). Parameter ini dihitung dengan menganalisis hidrograf limpasan langsung yang telah diperoleh. Pada kasus hujan kompleks, Metode Collins dapat diterapkan untuk menghindari kesalahan dalam penentuan hidrograf satuan (Khafifa dkk, 2023).





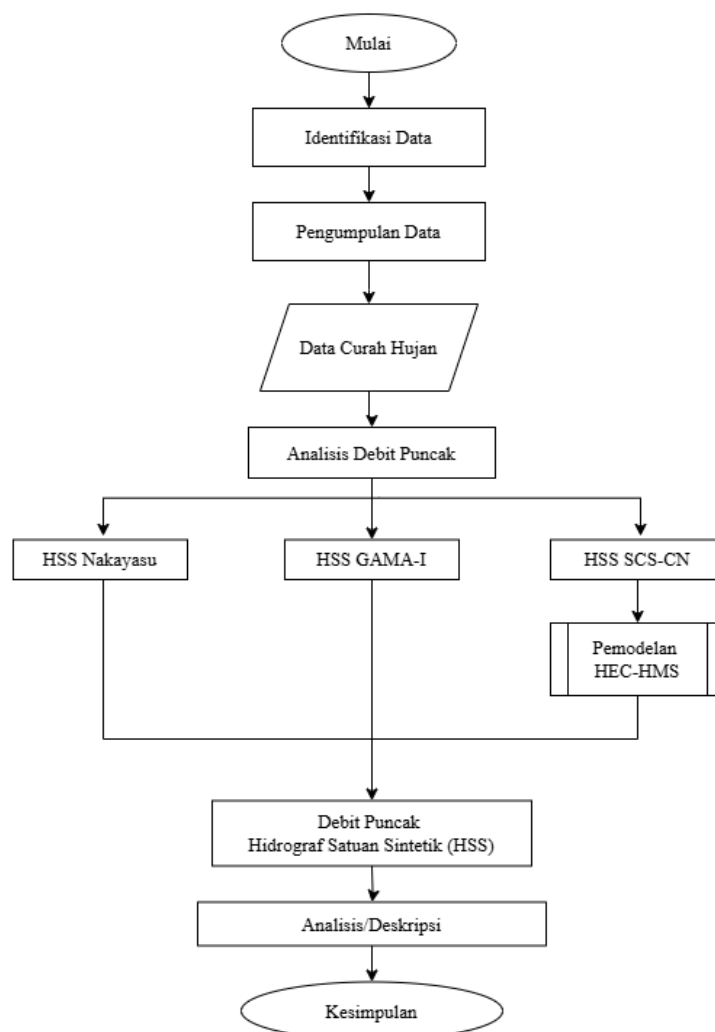
Gambar 3.11 Flowchart Analisis Hidrograf Satuan Pengamatan (HSP)

### 3.3.3 Analisis Hidrograf Satuan Sintetik (HSS)

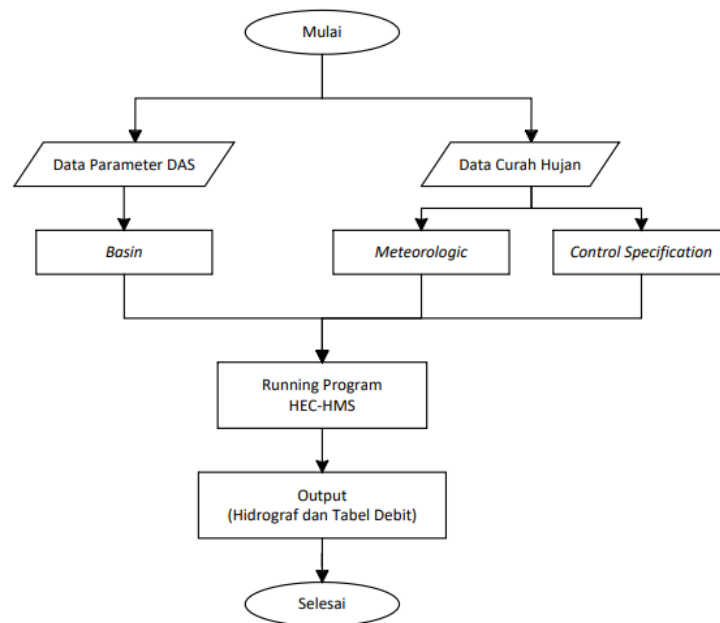
Metode Hidrograf satuan sintetik (HSS) yang digunakan dalam menghitung debit puncak banjir adalah HSS Nakayasu, HSS GAMA I dan SCS CN. Dimana perhitungan curah hujan rata-rata wilayah digunakan Metode Poligon Thiessen, karena Metode ini merupakan metode yang sederhana. Analisa frekuensi, dalam menghitung curah hujan rencana digunakan Rumus Log Pearson Type III dan Metode Gumbel untuk mengetahui besarnya nilai curah hujan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, dan 1000 tahun. Uji kesesuaian distribusi, pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi

peluang dimana pada penelitian ini digunakan Metode Uji Chi-Square dan Uji Smirmov Kolmogorov.

Setelah hujan efektif diperoleh, hidrograf satuan sintetik dihitung menggunakan beberapa metode, seperti Metode Nakayasu, Metode Gamma I, dan SCS-CN. Masing-masing metode memiliki pendekatan matematis dalam menentukan parameter hidrograf, seperti waktu puncak ( $T_p$ ), debit puncak ( $Q_p$ ), dan waktu dasar ( $T_b$ ). Parameter-parameter ini dihitung berdasarkan karakteristik Sub DAS Citanduy Hulu, baik dari data pengamatan maupun pendekatan empiris. Hasil hidrograf satuan dari masing-masing metode kemudian dibandingkan untuk melihat kesesuaiannya dengan karakteristik aliran di Sub DAS Citanduy Hulu.



Gambar 3.12 *Flowchart* Analisis Hidrograf Satuan Sintetik (HSS)

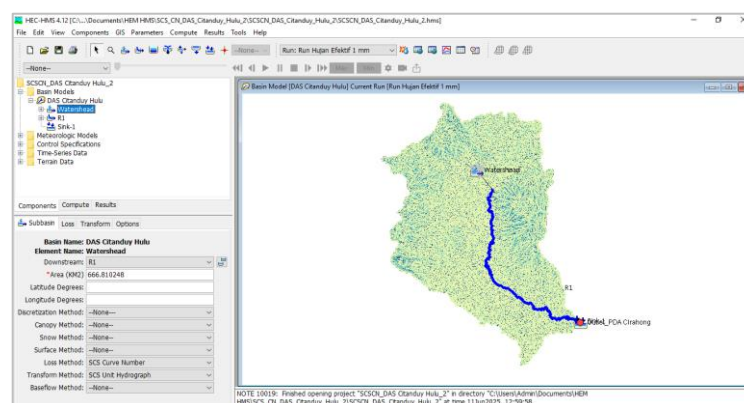


Gambar 3.13 *Flowchart* Analisis HSS Dengan Pemodelan HEC-HMS

Analisis menggunakan perangkat lunak HEC-HMS dalam menentukan banjir rancangan dilakukan dengan mensimulasikan respon hidrologi suatu DAS terhadap hujan desain. Komponen utama dalam model HEC-HMS adalah sebagai berikut:

#### 1. *Basin Model Manager*

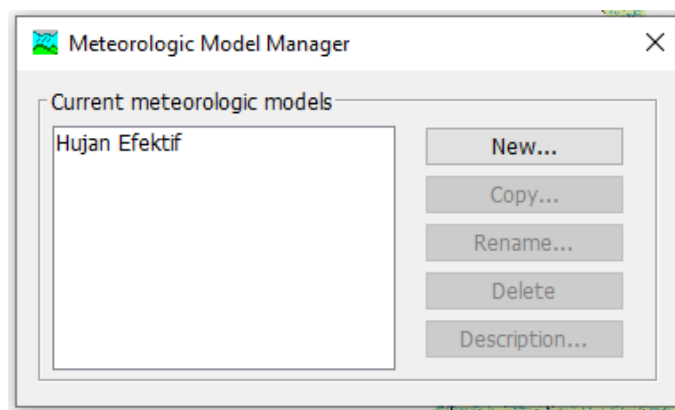
*Basin Model Manager* adalah komponen utama dalam HEC-HMS yang merepresentasikan struktur fisik dari suatu DAS. Model ini menggambarkan bagaimana air mengalir dari suatu titik ke titik lain dalam sistem sungai. Basin Model terdiri dari beberapa elemen penting, seperti *sub-basin* (sub DAS), *junction* (titik pertemuan), *reservoir*, *reach* (aliran utama), dan *outflow point* (titik keluaran DAS).



Gambar 3.14 Pemodelan Basin

## 2. Meteorologic Model

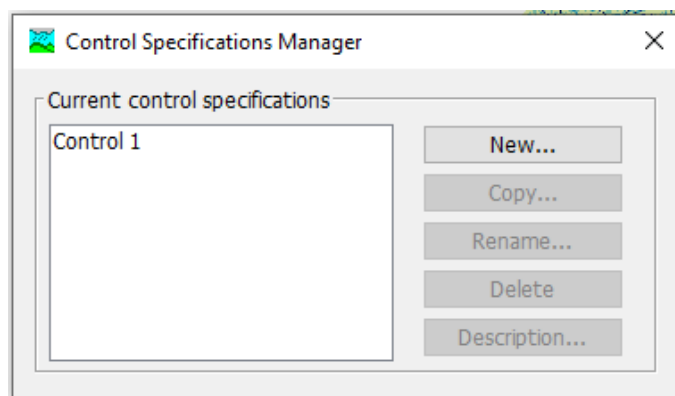
*Meteorologic Model* dalam HEC-HMS berfungsi untuk menentukan input curah hujan yang akan digunakan dalam simulasi hidrologi. Model ini memungkinkan pengguna untuk memilih berbagai jenis data curah hujan, termasuk hujan historis dan hujan rancangan. Beberapa metode yang tersedia dalam *Meteorologic Model* meliputi *Gauge Weighting Method* (menentukan bobot curah hujan dari beberapa stasiun), *Thiessen Polygon* (menggunakan luas pengaruh tiap stasiun hujan), dan *Gridded Precipitation* (curah hujan berbasis data spasial).



Gambar 3.15 *Meteorologic Model*

## 3. Control Specification

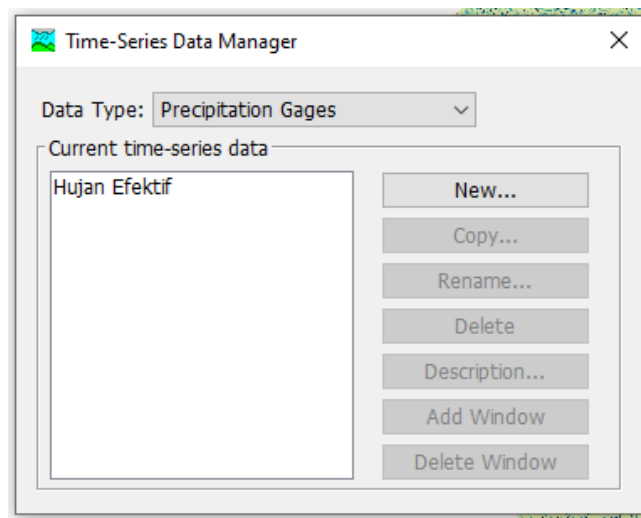
*Control Specification* adalah komponen dalam HEC-HMS yang digunakan untuk menentukan periode simulasi dan interval waktu perhitungan. Pengguna dapat menentukan tanggal mulai dan berakhirnya simulasi, serta resolusi waktu analisis, misalnya perhitungan setiap 1 jam, 6 jam, atau harian.



Gambar 3.16 *Control Specification*

#### 4. *Time Series Data*

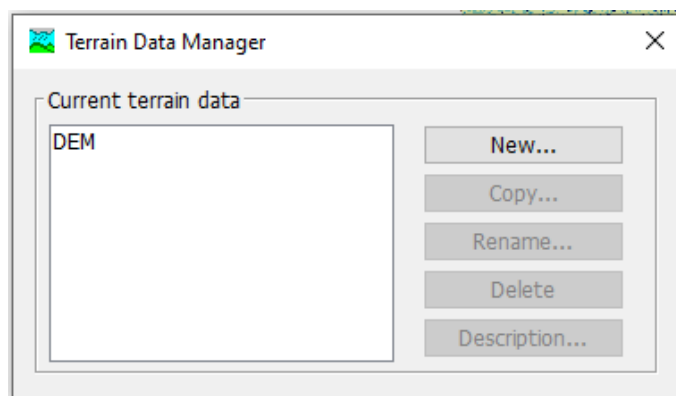
*Time Series Data* dalam HEC-HMS adalah sekumpulan data hidrologi yang dikumpulkan dalam rentang waktu tertentu untuk mendukung analisis pemodelan. Data ini mencakup curah hujan, debit sungai, dan evapotranspirasi yang diukur secara kontinu dalam satuan waktu tertentu. Data ini digunakan dalam proses kalibrasi dan validasi model, sehingga hasil simulasi dapat dibandingkan dengan kondisi yang terjadi di lapangan.



Gambar 3.17 *Time Series Data*

#### 5. *Terrain Data*

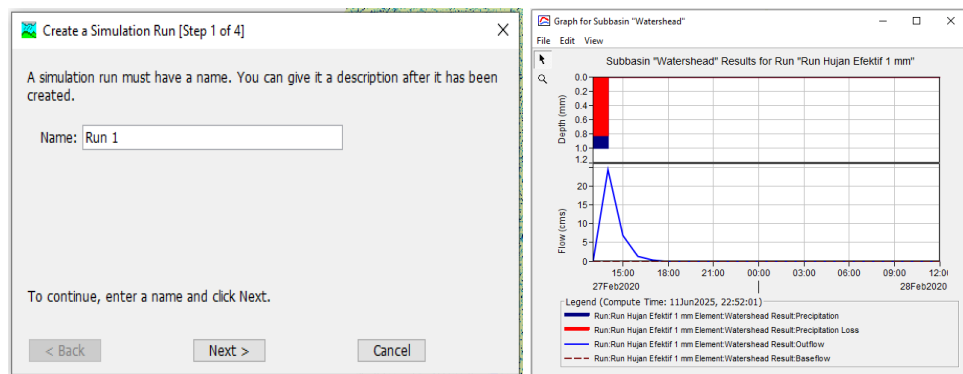
*Terrain Data* merupakan data topografi dalam bentuk DEM yang digunakan untuk mendefinisikan bentuk dan karakteristik fisik DAS. Data ini membantu dalam proses delineasi sub DAS, penentuan aliran air, identifikasi saluran sungai, serta perhitungan parameter fisik seperti panjang aliran utama, kemiringan, dan luas sub DAS.



Gambar 3.18 *Terrain Data*

## 6. Compute

*Compute* adalah fitur dalam HEC-HMS untuk menjalankan simulasi model hidrologi berdasarkan input data curah hujan, parameter DAS, dan metode transformasi limpasan yang telah ditentukan. Proses ini menghasilkan keluaran berupa hidrograf limpasan di *outlet* DAS atau titik pengamatan tertentu. Hasil *compute* digunakan untuk analisis debit puncak, volume limpasan, dan waktu konsentrasi.



Gambar 3.19 *Compute* dan Grafik Hasil Pemodelan

### 3.3.4 Analisis Perbandingan HSP dan HSS

Analisis perbandingan Hidrograf Satuan Pengamatan (HSP) dan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) dilakukan dengan membandingkan bentuk hidrograf, nilai debit puncak, waktu puncak, dan luas total hidrograf. Hidrograf sintetik yang dihasilkan dari berbagai metode diuji terhadap hidrograf pengamatan untuk menilai sejauh mana metode HSS dapat merepresentasikan pola aliran sesungguhnya. Perbandingan dilakukan dengan menggunakan parameter statistik seperti *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE). Langkah terakhir dalam pengolahan data adalah evaluasi keandalan metode hidrograf satuan sintetik dalam memperkirakan hidrograf banjir. Metode HSS yang memiliki tingkat akurasi tertinggi terhadap HSP dipilih sebagai metode terbaik untuk digunakan dalam perhitungan debit banjir rancangan. Hasil dari analisis ini menjadi dasar dalam menentukan metode yang paling sesuai untuk pemodelan hidrologi di Sub DAS Citanduy Hulu, guna mendukung perencanaan pengendalian banjir yang lebih akurat dan efektif.